

RANCANG BANGUN ALAT PENGAMAN DAN MONITORING FAN PENDINGIN VSD 343RM1MO2 BERBASIS PLC MILLENIUM 3 CROUZET DI PT. SEMEN INDONESIA PABRIK TUBAN

Yusup Mashudah¹, M. Taqiyyuddin Alawiy², Sugiono³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 193, Malang 65144 Indonesia,

yumada@gmail.com

Abstrak

Di PT. Semen Indonesia terdapat *equipment* 343RM1MO2 yang dilengkapi VSD dengan kapasitas 690 KW untuk menggerakkan dan mengatur kecepatan motor AC dengan kapasitas 500 KW. Peralatan tersebut sering terjadi gangguan yang disebabkan oleh gagalnya sistem pendinginan VSD. Sistem pendingin VSD tersebut menggunakan tipe *air cooled* yang dilengkapi dengan 2 *fan* pendingin. *Fan* pendingin ini hanya diamankan oleh sebuah *main circuit breaker* (MCB), dimana MCB ini hanya bekerja saat kondisi arus *fan overload* sehingga tidak ada pengaman saat kondisi belitan *fan* putus. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, maka dibuatkan peralatan pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD. Alat ini bekerja dengan cara mengambil data arus *fan* pendingin melalui *current transducer* STWA1AH, kemudian data tersebut dikonversi menggunakan *Signal Converter* TV-500 sesuai spesifikasi *input analog* PLC Millenium 3 Crouzet, selanjutnya data tersebut diolah dan dibandingkan dengan nilai batas arus yang bisa diubah sesuai kebutuhan antara 0 – 15A. Sistem pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD akan memberitahukan ke CCR terkait kondisi *fan* secara *digital*, baik *alarm* ataupun *fault* dan sekaligus menampilkan data arus pada *display* PLC yang dapat digunakan sebagai pedoman pemeliharaan VSD. Dari hasil pengujian dan analisis diketahui sistem ini mampu menentukan kondisi *fan* pendingin sesuai dengan batasan arus *setting* sehingga kerusakan akibat tidak bekerjanya *fan* pendingin VSD dapat teratasi. Persen kesalahan dari hasil pengukuran pada sistem ini berkisar antara 0 - 3,2% masih sesuai dengan standar IEC 13b-23, dimana nilai kesalahan yang di iijinkan antara 0 - 5%.

Kata kunci: pengaman, *monitoring*, PLC, pendingin, *fan*.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

343RM1MO2 adalah sebuah peralatan yang menggunakan motor induksi sebagai penggerak dan sebuah perangkat elektronika daya sebagai pengatur kecepatan dan biasa disebut *variable speed drive* (VSD). Peralatan ini berada di atas mesin penggiling material mentah, dan berfungsi sebagai pemisah antara material yang sudah halus dan masih kasar. Tipe VSD yang digunakan pada 343RM1MO2 adalah Simovert Masterdrive produk dari Siemens.

VSD tersebut merupakan perangkat elektronika daya yang didesain dengan kapasitas daya 690 KW dan digunakan untuk mengatur kecepatan motor dengan kapasitas daya sebesar 500 KW. Selama ini sering terjadi masalah, ketika VSD beroperasi kemudian terjadi kegagalan proses pendinginan internal yang disebabkan tidak bekerjanya *fan* pendingin internal, sehingga menyebabkan kenaikan temperatur *heatsink Insulated Gate Bipolar Transistor* (IGBT) dan panas berlebih pada kompartemen atau ruang panel *inverter*. Kelemahan tersebut dapat menyebabkan kegagalan sistem VSD secara luas, dimana kerusakan tersebut tidak dapat diselesaikan secara cepat dikarenakan tidak tersedianya *spare part* dan proses perbaikannya yang rumit. Untuk mengatasi

permasalahan tersebut maka perlu di buatkan pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penerapan sistem ini adalah :

1. Bagaimana proses pengamanan untuk mencegah kerusakan yang lebih banyak akibat tidak bekerjanya *fan* pendingin internal VSD.
2. Bagaimana proses pemeliharaan dalam menentukan kondisi *fan* pendingin internal VSD.
3. Bagaimana hasil pengujian sistem pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD.

1.3 Batasan Masalah

Pada Proyek Akhir ini permasalahan dibatasi pada :

1. Menggunakan sistem *fan* pendingin VSD Simovert Masterdrive dengan kapasitas daya 690 KW yang digunakan sebagai media utama dalam integrasi dan penerapan Tugas Akhir ini.
2. Menggunakan PLC Millenium 3 Crouzet tipe XD26 yang dilengkapi dengan display LCD.

1.4 Tujuan Penulisan

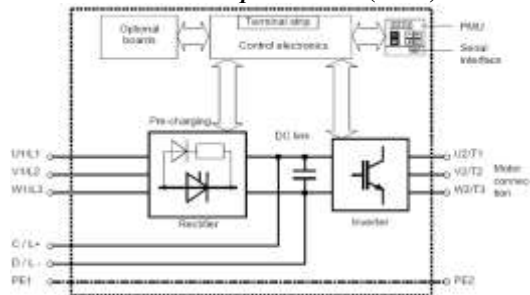
Sebagaimana yang telah di uraikan sebelumnya, berdasarkan latar belakang dan

rumusan masalah maka tujuan penulisan makalah ini adalah :

- Untuk membantu *user* dalam menentukan kondisi *fan* pendingin VSD yang digunakan pada Simovert Masterdrive. Dengan harapan dapat mengurangi faktor kegagalan operasi, menurunkan waktu dan biaya perbaikan, sehingga meningkatkan profit perusahaan di Pabrik Tuban PT. Semen Indonesia.
- Mengoptimalkan penggunaan PLC Millenium 3 yang digunakan sebagai sistem pengaman dan *monitoring fan* VSD, sebagai solusi terhadap masalah yang ada.

2. Dasar Teori

2.2 Sistem Variable Speed Drive (VSD).



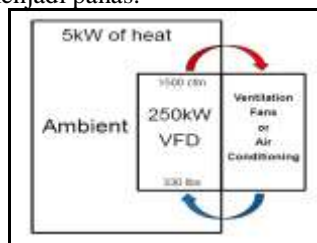
Gambar 2.1 Prinsip Rangkaian VSD

Sumber : *Operating instruction simovert masterdrive*, Siemens.

Dari Gambar 2.1 tegangan AC 3 fasa dikonversi menjadi tegangan DC dengan bantuan penyearah, tegangan DC tersebut difilter dan ditampung sementara pada kapasitor DC-Link. *Inverter* dapat digunakan untuk menghasilkan tegangan output dengan frekuensi antara 0 Hz hingga 600 Hz dari DC-Link dengan menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) merubah tegangan DC menjadi AC 3 fasa, (Siemens AG, 2008).

2.2.1 Efisiensi VSD.

Efisiensi VSD secara umum berkisar antara 97-98%, hal ini berarti terdapat 2-3% power yang berubah menjadi panas. Bila power VSD yang digunakan 690 KW, maka ada 13,8 KW yang berubah menjadi panas.



Gambar 2.2 Aliran udara pendingin VSD.

Sumber : Eaton E-Tec Vancouver 2015 *Application Air Cooled VSD*.

Bila tidak ada peralatan atau sistem yang membatasi temperatur tersebut, maka ambient temperatur didalam kabinet atau kompartemen *converter/ inverter* akan meningkat, sehingga menyebabkan turunnya waktu guna (*lifetime*) dari

VSD tersebut, dan bukan tidak mungkin sebagai penyebab *shutdown* yang tidak direncanakan, (Darrell Ouellette, 2015)..

2.2.2 Sistem Pendingin VSD.

Ada beberapa sistem dalam proses pendinginan VSD, antara lain :

- Pendinginan dengan udara (*Air Cooled*).

Pendinginan dengan sistem *air cooled*, merupakan sistem pendingin yang paling sering digunakan pada sistem pendingin VSD, sistem ini menggunakan *heat-sink* yang digunakan untuk menyerap panas komponen semikonduktor, kemudian dengan memanfaatkan aliran udara yang melintasi *heat-sink* tersebut, ambient temperatur dijaga pada suhu $\pm 40^{\circ}\text{C}$ dengan dibantu hisapan dari fan pendingin.

- Pendinginan dengan cairan (*Liquid Cooled*).

Pendinginan dengan sistem *liquid cooled*, merupakan sistem pendingin khusus yang digunakan untuk VSD dengan daya besar. Sistem pendingin ini menggunakan fasilitas *heat exchanger* yang berfungsi untuk mentransfer panas dari media cair/ *liquid* ke media yang lain, (Darrell Ouellette, 2015).

2.3 Programmable Logic Controller (PLC)

2.3.1. Pengertian PLC

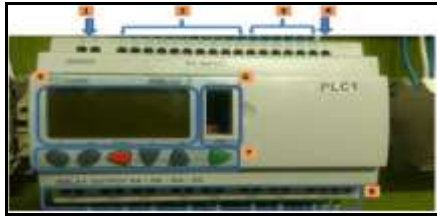
Definisi *Programmable Logic Controller* menurut Capiel (1982) adalah sebuah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri. Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut :

- Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat dan dengan mudah diubah-ubah menurut fungsi atau kegunaannya.
- Logic*, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan logic (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya.
- Controller*, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang di inginkan.

PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian relay *sequensial* dalam suatu sistem kontrol, (Capiel, 1982) .

2.3.2. PLC Millenium 3.

PLC Millenium 3 adalah sebuah perangkat kontrol PLC yang diproduksi oleh Crouzet Automation, perangkat ini telah didesain lebih maju dan sederhana. PLC ini dapat diprogram dengan 2 cara, yaitu dengan menggunakan bahasa *Ladder* dan *Function Block Diagram*.



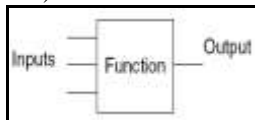
Gambar. 2.3 PLC Millenium 3

Sumber : Datasheet PLC Millenium 3 Crouzet Tipe. XD26.

PLC yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah PLC Millenium 3, tipe : XD26 dengan 16 digital input (6 analog input), 10 solid state kapasitas 0.5A (4 PWM) sebagai output dalam bentuk dry contact, PLC ini menggunakan power supply 24VDC sebagai sumber dayanya sesuai dengan Gambar 2.3, (Crouzet.com, 2105).

2.4 Function Block Diagram (FBD).

Function Block Diagram (FBD) adalah sebuah bahasa pemrograman PLC yang berbentuk gambar blok. FBD didiskripsikan menjadi sebuah bahasa gambar yang dapat menggambarkan sinyal dan aliran data kedalam bentuk blok, yang terdapat pada elemen software, sesuai dengan Gambar 2.4, (W. Bolton, 1996).



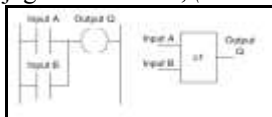
Gambar. 2.4 Blok fungsi.

Sumber :

booksite.elsevier.com/9781856176217/appendices/01~Ch11.pdf

2.4.1. Gerbang Logika.

Simbol standar yang sering digunakan pada gerbang logika mengikuti standar Amerika dan standar internasional (IEEE/ ANSI) dimana menggunakan fungsi logika yang tertulis didalam kotak persegi. Untuk menggambarkan hubungan antara FBD dengan Diagram Ladder dapat dilihat pada Gambar 2.5 merepresentasikan persamaan fungsi OR, ketika input A atau B bernilai "1", maka output juga bernilai "1", (W. Bolton, 1996).



Gambar. 2.5 Persamaan fungsi OR pada ladder dan FBD.

Sumber :

booksite.elsevier.com/9781856176217/appendices/01~Ch11.pdf

2.4.2. Elemen-elemen FBD PLC Millenium 3.

Didalam program PLC terdapat beberapa elemen-elemen blok fungsi yang memiliki peran penting dalam program PLC pengamanan dan monitoring fan pendingin VSD, berikut elemen – elemen tersebut :

- Perbandingan COMP IN ZONE.

COMP IN ZONE adalah sebuah blok fungsi yang digunakan untuk membandingkan suatu nilai

diantara 2 nilai seting minimal dan maksimal, dapat diakses pada CTRL fungsi bar.

- Fungsi GAIN.

Fungsi GAIN adalah untuk merubah skala dan offset pada nilai analog dalam bentuk data integer sesuai Gambar 2.6.

Rumus perhitungan GAIN:

$$Y = (A / B) \cdot X + C \dots \dots \dots (2.1)$$

- Fungsi DISPLAY.

Fungsi Display adalah untuk menampilkan teks, tanggal, waktu, atau nilai numerik pada Liquid Control Display (LCD), (M3 help Ver5.9, 2012).

2.4.3. Komponen pendukung.

a. Isolating Signal Converter TV500.

Isolating Signal Converter TV500 adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengkonversi sinyal 0/ 4 ~ 20 mA ke 0/ 2 ~ 10 VDC, hal ini sesuai dengan sistem kontrol proses yang sudah disesuaikan dengan standar industri, tampilan terlihat pada Gambar 2.6, (Manual TVST500, 2002)



Gambar. 2.6 Signal Converter TV-500.

Sumber : Datasheet manual TVST500-01-E.pdf

b. Current Transducer STWA1AH.

STWA1AH adalah jenis transducer yang digunakan untuk mengukur arus pada tegangan AC dengan kisaran arus 0 – 15A, STWA1AH memudahkan untuk melakukan pemantauan pada arus tegangan AC sesuai tampilan pada Gambar 2.7, (Ziehl.com, 2009).



Gambar. 2.7 Current Transducer STWA1AH.

Sumber : Datasheet manual STWA1AH.

2.4.4. Rumus pendukung.

a. Definisi Perbandingan.

Perbandingan adalah membandingkan 2 buah objek yang bertujuan mencari selisih ukuran yang lebih besar, lebih kecil, lebih rendah, lebih tinggi, untuk menentukan ukuran dari kedua objek. Perbandingan pada prinsipnya adalah pembagian atau dapat disebut rasio.

1. Perbandingan Senilai.

Perbandingan senilai adalah sebuah bentuk korespondensi satu-satu antara dua kelompok (himpunan) dengan sifat setiap nilai kedua kelompok bersesuaian. Rumus perbandingan senilai dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{x_1}{y_1} = \frac{x_2}{y_2} \dots \dots \dots (2.2).$$

2. Perbandingan Berbalik Nilai.

Bila terdapat korespondensi satu-satu antara dua kelompok dimana perbandingan nilai 2 elemen yang bersesuaian di kelompok kedua berbalik dengan nilai perbandingan pada kelompok pertama maka kelompok tersebut merupakan bentuk perbandingan berbalik nilai, (Rumushitung.com, 2016).

b. Definisi Pengukuran dan Kesalahan.

Pada dasarnya pengukuran merupakan cara untuk mengetahui nilai suatu besaran. Dalam hal ini harga yang diharapkan tentu saja harga yang benar, dan harga yang benar sukar didapatkan kecuali dengan pendekatan dari harga benarnya.

• Akurasi dan Presisi.

Akurasi atau ketelitian adalah sebuah pernyataan tingkat kesesuaian atau pendekatan hasil dari suatu pengukuran terhadap harga sebenarnya sedangkan presisi atau ketepatan merupakan tingkat kesamaan dalam sekelompok pengukuran. Berdasarkan klasifikasi alat ukur menurut Standar *International Electrotechnical Commission* (IEC) 13b-23 menspesifikasikan bahwa ketelitian alat ukur dibagi menjadi 8 kelas, yaitu : 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; dan 5.

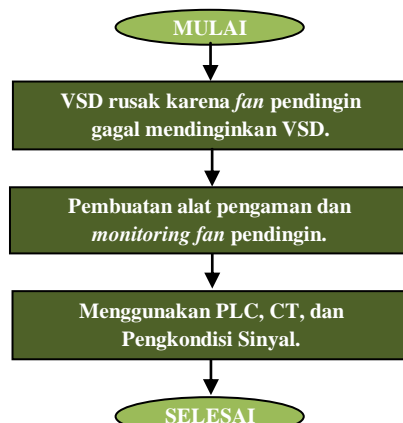
• Persen Kesalahan.

Suatu keberhasilan dalam pengukuran tidak ditentukan oleh nilai kesalahan, yang paling menentukan adalah perbandingan nilai kesalahan tersebut terhadap nilai sebenarnya. Perbandingan harga kesalahan dengan harga sebenarnya disebut kesalahan relatif. Berikut rumus perhitungan kesalahan relatif dalam bentuk persen, (Kelasonline.net, 2013) :

$$\% E = \left| \frac{D_s - D_x}{D_s} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(2.3).$$

3. Metode Penelitian

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3.1 merupakan alur identifikasi masalah dan rencana yang akan dilakukan penulis untuk mencegah potensi kerusakan VSD dengan membuat alat Sistem Pengaman dan *Monitoring*

Fan pendingin VSD, menggunakan beberapa peralatan antara lain :

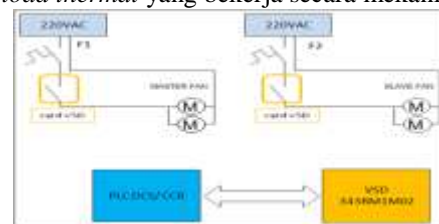
1. PLC Millenium 3 sebagai pengolah data.
2. Current Transducer STWA1AH sebagai sensor arus.
3. TV-500 sebagai pengkondisi sinyal.

Dengan menggunakan peralatan tersebut diharapkan kondisi fan pendingin VSD dapat diketahui lebih dini, sekaligus melindungi sistem VSD dari kerusakan fatal.

3.2 Blok Diagram Sebelum dan Rencana Perbaikan.

3.2.1 Blok Diagram Sebelum Perbaikan.

Pada Gambar 3.2. merupakan blok diagram sistem *fan* pendingin VSD sebelum perbaikan, dimana *fan* pendingin hanya diamankan oleh sebuah *breaker* yang mengandalkan sistem proteksi *overload thermal* yang bekerja secara mekanis.

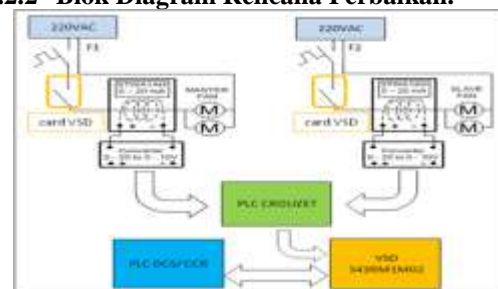


Gambar 3.2. Blok Diagram sebelum perbaikan.

Sumber : Simovert 343RM1MO2 Pabrik Tuban 3, PT. Semen Indonesia

Sistem PLC atau *Distribute Control System* (DCS) pada Gambar. 3.2. berfungsi untuk melakukan kontrol terhadap peralatan VSD 343RM1MO2 yang dilakukan melalui layar *Human Machine Interface* (HMI) yang terdapat pada *Central Control Room* (CCR).

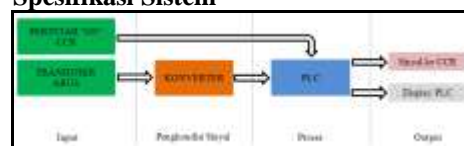
3.2.2 Blok Diagram Rencana Perbaikan.



Gambar 3.3. Blok Diagram rencana perbaikan.

Gambar. 3.3. merupakan rencana blok diagram yang akan dilakukan dalam perbaikan dengan cara penambahan sistem pengaman yang baru, diharapkan sistem ini mampu melakukan pengamanan dan sekaligus *memantau fan* pendingin secara akurat dan maksimal.

3.3 Spesifikasi Sistem



Gambar. 3.4. Spesifikasi Sistem Pengaman *Fan* Pendingin VSD.

Spesifikasi sistem secara umum diperlihatkan pada Gambar. 3.4, dimana secara garis besar sistem pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain :

- **Input :**
 - Perintah “ON” CCR : adalah perintah dari operator untuk menjalankan sistem pengaman dan *monitoring fan* pendingin.
 - Transduser Arus : adalah sebuah sensor arus yang berfungsi untuk mengukur arus fan pendingin VSD dengan range 0 – 15A, kemudian hasil pengukuran tersebut dirubah ke besaran *output* 0 – 20 mA sesuai standar industri.
- **Pengkondisi Sinyal :**
 - Konverter : adalah sebuah komponen pengkondisi sinyal, yang berfungsi merubah besaran 0 – 20mA menjadi 0 - 10Vdc.
- **Proses :**
 - PLC : adalah sebuah peralatan kontrol yang mampu melakukan fungsi logika dan Aritmatika (ALU) untuk memproses data dari sensor.
- **Output :**
 - Sinyal ke CCR : adalah data biner berupa “ON” atau “OFF” yang dikirim ke *Central Control Room* (CCR), sebagai informasi “WARNING” atau “FAULT”.
 - *Display* PLC : adalah data yang bersifat informasi yang dapat ditulis sesuai keinginan dan ditampilkan pada layar *display* PLC Millenium 3, meliputi data *monitoring*, *alarm/ warning*, dan data *fault/ trip*.

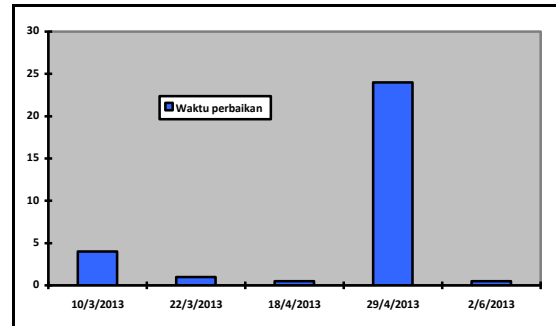
3.4 Data Pendukung

Tabel 3.1. Rangkuman Laporan Harian Tim Gangguan Seksi Pemeliharaan Listrik RKC 3-4, Pabrik Tuban, PT. Semen Indonesia.

Sumber : Tim Gangguan PL RKC 3-4, Pabrik Tuban, PT. Semen Indonesia.

No.	Tanggal	Shift	Masalah	Durasi (Jam)	Uraian Pekerjaan
1	10 Maret 2013	1	343RMM02 > Classifier trip	4	<ul style="list-style-type: none"> > Cek indikasi CCR: Drive fault. > Cek indikasi di drive F001, overcurrent. > Cek load, normal. > Cek setting drive dan motor, ok. > Cek kabel outgoing to motor ada yang short (leceh), perbaikan isolasi, ok. > Selesai running normal, ok.
2	22 Maret 2013	1	343RMM02 > Classifier tiba-tiba mati	1	<ul style="list-style-type: none"> > Cek indikasi CCR: Return fault. > Cek indikasi di drive ready. > Cek fuse PLC DCS ada yang putus. > Pasang fuse baru running beberapa saat off lagi, cek LCS ada yang short. > Perbaiki, running normal ok.
3	18 April 2013	2	443FNSM01 > Fan cooler return fault	0.5	<ul style="list-style-type: none"> > Cek indikasi CCR: Return fault. > Cek indikasi di drive F007, main contactor checkback. > Kerasi koneksi aus contact & terminal. > Running normal ok.
4	29 April 2013	3	343RMM02 > Classifier trip	24	<ul style="list-style-type: none"> > Cek indikasi CCR: Drive Fault. > Cek indikasi di drive F027, phase L3 short circuit atau ground fault. > Cek kabel outgoing to motor ok, rata-rata nilai 600 Mohm. > Bongkar kapasitor bank, kondisi kabin panel panas. > Cek fan pendingin, tidak berputar (putus). > Lanjut shift 1.
5	2 Juni 2013	2	443FNSM01 > Fan cooler tiba-tiba mati	0.5	<ul style="list-style-type: none"> > Cek indikasi CCR: Return fault. > Cek indikasi di drive F001, main contactor checkback. > Kerasi koneksi aus contact & terminal. > Ada informasi tegangan PLN drop. > Perlu ganti source power dari PDB ke UPS. > Lanjut running normal Ok.

Data dari Tabel 3.1 kemudian dirubah kedalam bentuk grafik untuk mempermudah proses pengamatan dan identifikasi masalah.



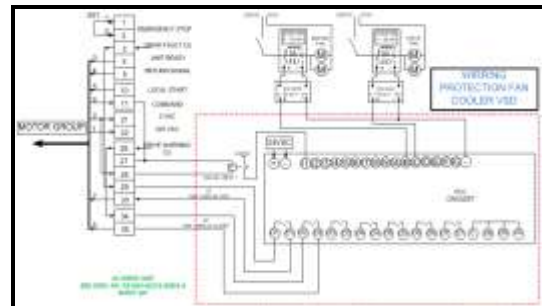
Gambar 3.5. Grafik korelasi waktu perbaikan dengan kegagalan sistem.

Sumber : Tim Gangguan PL RKC 3-4, Pabrik Tuban, PT. Semen Indonesia.

Dari Gambar 3.5. diketahui waktu perbaikan terlama terjadi pada tanggal 29/04/2013, dimana hal tersebut diakibatkan oleh kegagalan sistem pendingin dalam mendinginkan VSD yang disebabkan oleh rusak/ putusnya salah satu lilitan motor induksi yang berfungsi sebagai *fan* pendingin *inverter* dari VSD 343RM1MO2 Simovert.

3.5 Rencana Penyelesaian Masalah.

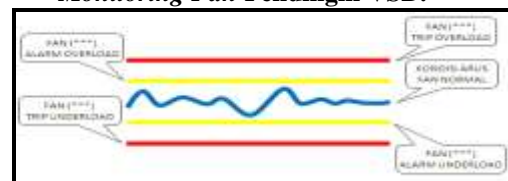
3.5.1 Rencana Desain.



Gambar 3.6. Wiring Pengaman dan *Monitoring Fan* Pendingin VSD.

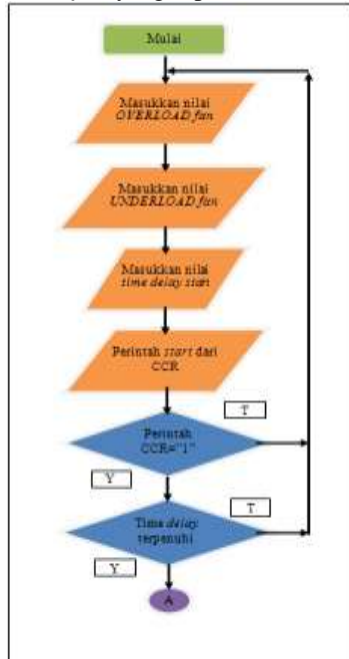
Gambar 3.6. merupakan skema *wiring* secara *hardware* untuk pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD. Hasil pengolahan data dari data *input analog* dibandingkan dengan batasan nilai yang di set pada parameter PLC, kemudian menghasilkan keputusan *fault* atau *alarm* yang dikeluarkan pada terminal *output* Q1 sebagai *fault* dan terminal *output* Q2 sebagai *alarm/ warning* yang dikirimkan ke CCR sebagai informasi ke operator.

3.5.2 Konsep Program Pengaman dan *Monitoring Fan* Pendingin VSD.

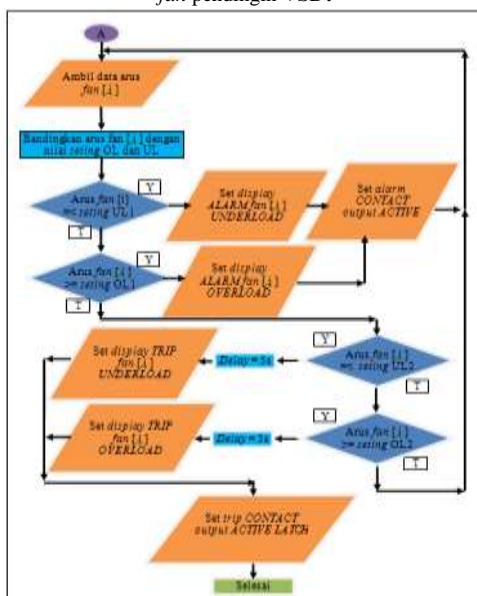


Gambar 3.7. Konsep Program Pengaman dan *Monitoring Fan* Pendingin VSD.

Gambar 3.7 merupakan bentuk konsep program pengaman *fan* yang akan disiapkan dan ditanamkan di sistem PLC Millenium 3 Crouzet XD-26. Dari Gambar 3.7 diketahui arus normal *fan* berada pada posisi tengah dan berwarna biru, nilai tersebut dapat dirubah sesuai kebutuhan sesuai dengan kondisi *fan* yang dipantau dan diamankan.



Gambar 3.8.a. Diagram alir program pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD.



Gambar 3.8.b. Diagram alir program pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD.

Gambar 3.8.a dan 3.8.b merupakan diagram alir dari konsep program PLC yang akan ditanamkan di sistem PLC Crouzet. Secara algoritma sistem ini bekerja sebagai berikut :

1. Masukkan nilai batasan *alarm overload* (OL1), *fault overload* (OL2), *alarm underload* (UL1) dan *fault underload* (UL2).

2. Masukkan nilai panjang *delay start*, yang berfungsi untuk men-*disable* sementara waktu aktivasi pengaman hingga arus *fan* pendingin berada pada posisi normal operasi.
3. Tunggu perintah/ *command* CCR terhadap *equipment* yang kita amankan, bila belum "ON" berarti sistem pengaman tidak akan aktif.
4. Bila perintah/ *command* CCR dan waktu tunda sudah terpenuhi maka sistem akan aktif dalam melakukan *scanning* data *analog* arus *fan* pendingin sekaligus melakukan perbandingan terhadap nilai batas *overload* dan *underload* sesuai dengan data *seting* yang sudah dimasukkan dan bekerja secara kontinyu.

4. Pengujian dan Analisa

4.1 Pengujian Sistem Pengaman dan

Monitoring Fan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketelitian material pendukung sebelum dirangkai dengan PLC dan juga untuk mengetahui kehandalan sistem program PLC yang difungsikan sebagai pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD.

4.1.1 Pengujian Material

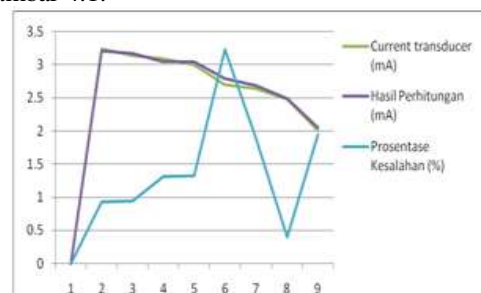
• *Current Transducer STWA1AH*

Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan data pengukuran dengan data perhitungan.

Tabel. 4.1. Data hasil pengukuran dan perhitungan aktual arus dengan hasil pengukuran konversi *Current Transducer* STWA1AH.

No.	Tang. Amper/ Arus aktual (A)	Current Transducer (mA)	Hasil Perhitungan Nilai Sebenarnya (mA)	Prosentase Kesalahan (%)
1	0	0	0	0
2	2,41	3,24	3,20	0,93
3	2,38	3,14	3,17	0,94
4	2,29	3,09	3,05	1,31
5	2,28	3,00	3,04	1,32
6	2,69	2,70	2,79	3,23
7	2,02	2,64	2,69	1,9
8	1,87	2,48	2,49	0,4
9	1,54	2,01	2,05	1,95

Dari data pada Tabel 4.1 untuk mempermudah analisa, data tersebut kemudian di tampilkan ke dalam bentuk grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar. 4.1. Data grafik hasil pengujian *Current Transducer* STWA 1 AH.

Dari Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa prosentase kesalahan terbesar terjadi pada saat

perubahan arus beban. Hal ini disebabkan oleh respon/ sensitivitas dari *Current Transducer* STWA1AH yang kurang cepat sehingga tidak dapat menangkap perubahan arus pada beban secara *real time*.

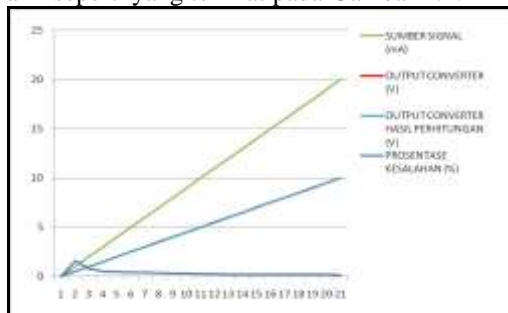
- **Signal Converter TV500**

Pengujian ini berfungsi untuk membandingkan sinyal *output Converter* TV 500 dengan hasil perhitungan.

Tabel 4.2. Data hasil pengukuran dan perhitungan *Signal Converter* TV 500.

No.	Sinyal Input (mA)	Hasil Pengukuran Output Converter (V)	Hasil Perhitungan Output Converter/ Nilai Sebenarnya (V)	Prosentase Kesalahan (%)
1	0	0.012	0	0
2	1	0.508	0.5	1.60
3	2	1.008	1	0.80
4	3	1.508	1.5	0.53
5	4	2.009	2	0.45
6	5	2.51	2.5	0.40
7	6	3.012	3	0.40
8	7	3.512	3.5	0.34
9	8	4.012	4	0.30
10	9	4.514	4.5	0.31
11	10	5.012	5	0.24
12	11	5.514	5.5	0.25
13	12	6.013	6	0.22
14	13	6.513	6.5	0.20
15	14	7.013	7	0.19
16	15	7.515	7.5	0.20
17	16	8.015	8	0.19
18	17	8.516	8.5	0.19
19	18	9.016	9	0.18
20	19	9.516	9.5	0.17
21	20	10.016	10	0.16

Dari data pada Tabel 4.2 kemudian dilanjutkan dengan menampilkan data tersebut kedalam bentuk grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Data grafik hasil pengujian *Converter* TV500

Dari Gambar 4.2 diketahui data grafik dari hasil pengujian dari *Signal Converter* TV500 terbentuk secara *linier*. Prosentase kesalahan terjadi lebih tinggi diawal pengukuran dikarenakan *Signal Converter* TV500 belum dilakukan kalibrasi sehingga muncul nilai *offset* pada pengujian. Dari data hasil pengukuran dan perhitungan terlihat tidak jauh berbeda, dimana nilai prosentase kesalahan yang terjadi masih dibawah 2%.

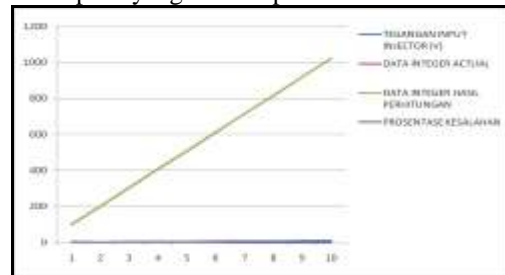
- **Pengujian analog input PLC Crouzet Millenium 3**

Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan data output *integer* pada *analog input* dengan data hasil perhitungan.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran dan perhitungan data *integer analog input* PLC Millenium 3

No.	Tegangan Input Injector (V)	Data Integer Aktual	Data Integer Hasil Perhitungan/ Nilai Sebenarnya	Prosentase Kesalahan (%)
1	1	99	102	2,94
2	2	202	205	1,46
3	3	304	307	0,98
4	4	407	409	0,49
5	5	509	512	0,59
6	6	612	614	0,33
7	7	715	716	0,14
8	8	817	818	0,12
9	9	920	921	0,11
10	10	1023	1023	0

Dari data pada Tabel 4.3 kemudian dilanjutkan dengan menampilkan data tersebut kedalam bentuk grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian *analog input* PLC Millenium 3

Dari Gambar 4.3 diketahui bentuk garis data *integer* bergerak *linier* dari 0 hingga 1023, untuk data *integer* aktual tidak terlihat dikarenakan tertutupi oleh garis data hasil perhitungan dan hal ini sebagai tanda bahwasannya nilai hasil perhitungan dan pengukuran memiliki nilai *rasio* yang relatif sama. Nilai prosentase kesalahan tertinggi masih dibawah 5% hal ini masih sesuai dengan standar IEC 13b-23. Prosentase kesalahan yang tinggi pada pengujian data *integer analog* bisa disebabkan dari tahanan dalam *injector* atau bisa juga dari *drop* tegangan pada analog input PLC Millenium 3.

4.1.2 Pengujian sistem pengamanan dan monitoring fan

Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu kita tentukan nilai parameter pada blok fungsi *GAIN*. Dalam penentuan nilai parameter pada fungsi *GAIN*, digunakan rumus (2.1).

Dengan nilai arus maksimal (Y) = 15A (nilai 15A (CT) = 10V (*Converter*)), nilai maksimal *integer* pada *input analog* (X) = 1023 (sesuai Tabel 4.5), dan *offset* (C) = 0, maka nilai *rasio* A/B = 15/1023 = 1/68,2. Data *integer* tidak mengenal tanda koma (.), untuk menghindari hal tersebut maka nilai A = 10 dan nilai B = 682. Perhitungan *seting* parameter untuk menentukan batas *alarm* dan *fault* (*trip*) dari *fan* pendingin, dengan rumus (2.1).

Dengan nilai arus aktual (Y) = 5,95A, nilai pembilang untuk menentukan posisi desimal (A) = 10, nilai pembagi (B) = 682, dan *offset* (C) = 0, maka nilai *seting* parameter (X) = Y . (B/ A) = 5,95 . (682/ 10) = 405.7 (di bulatkan 406).



Gambar. 4.4 Data address dan posisi parameter limit.

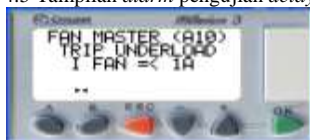
Dari Gambar 4.4 diatas diketahui bahwasannya sistem ini dapat digunakan untuk pengaman dan monitoring fan pendingin dengan range maksimal arus antara 0 – 15 A.

- **Pengujian Start delay 35 detik.**

Set nilai integer input analog IB = 0, set nilai integer input analog IC = 350 (5.13A), Start command, lalu muncul alarm UL A10 seperti Gambar 4.5 di ikuti dengan perubahan status kontak dari NC ke NO pada terminal output PLC Q2 (warning). Kemudian ditunggu selama 35 detik muncul Fan Master (A10) Trip Underload, seperti terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar. 4.5 Tampilan alarm pengujian delay 35 detik.



Gambar. 4.6. Tampilan trip pengujian delay 35 detik.

Dengan hasil percobaan diatas membuktikan bahwasannya start delay selama 35 detik berfungsi sesuai seting pada program PLC, delay 35 detik digunakan untuk men-disable sementara sistem pengaman fan untuk mencegah kesalahan sistem pengaman dalam mendeteksi kondisi fan pendingin VSD yang sedang dalam kondisi perubahan dari posisi off ke on dan naiknya arus starting.

- **Pengujian UL trip dan UL warning A10.**

Set nilai integer input analog IB = IC = 350 (5.13A), start command, kemudian tunggu selama 35 detik running normal. Turunkan nilai integer input analog IB dari 350 (5.13A) menuju ke 202 (2.96A), reaksi sistem setelah proses penurunan tersebut adalah munculnya alarm Fan A10 Alarm UL pada display seperti pada Gambar 4.7 dan di ikuti dengan perubahan status kontak PLC Q2 dari NC ke NO.



Gambar. 4.7 Tampilan alarm fan A10 underload

Setelah pengecekan fungsi warning/ alarm UL, dilanjutkan dengan pengecekan fungsi trip UL dengan cara menurunkan nilai integer input analog IB dari 202 (2.96A) menjadi 0, kemudian muncul informasi pada display PLC Fan Master (A10) Alarm Underload, setelah ditunggu selama 10 detik terjadi perubahan kontak PLC Q1 dari NC ke NO dan informasi pada display PLC berubah menjadi Fan Master (A10) Trip UL seperti pada Gambar 4.8.

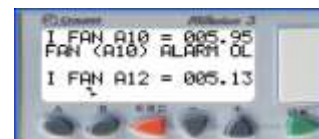


Gambar. 4.8 Tampilan trip fan A10 underload

Dari pengujian diatas, diketahui PLC respon dengan menampilkan informasi warning/ alarm underload pada display PLC setelah nilai integer 202 (2.96A) tercapai dan di ikuti dengan perubahan kontak PLC Q2 dari NC ke NO, kemudian juga nilai seting trip di integer 0 (0A) setelah tercapai sistem/ kontak PLC Q1 berubah dari NC ke NO setelah 10 detik.

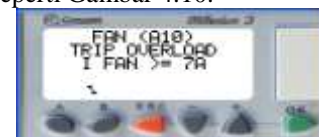
- **Pengujian OL trip dan OL warning A10.**

Set nilai integer input analog IB = IC = 350 (5.13A). Start command, kemudian tunggu setelah 35 detik running normal. Naikkan nilai integer input analog IB dari 350 menuju ke 406 (5.95A), respon sistem setelah proses kenaikan tersebut adalah munculnya alarm Fan A10 Alarm OL pada display PLC seperti pada Gambar 4.9 dan di ikuti dengan perubahan status kontak PLC Q2 dari NC ke NO.



Gambar. 4.9 Tampilan alarm fan A10 overload.

Kemudian dilanjutkan dengan pengecekan fungsi trip OL dengan cara menaikkan nilai integer input analog IB dari integer 406 (5.95A) menjadi integer 474 (6.95), kemudian muncul informasi pada display PLC Fan Master (A10) Alarm OL, setelah ditunggu selama 10 detik terjadi perubahan kontak PLC Q1 dari NC ke NO dan informasi pada display PLC berubah menjadi Fan Master (A10) Trip OL seperti Gambar 4.10.



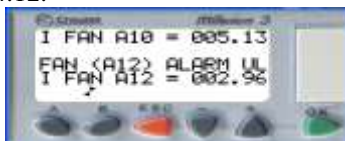
Gambar. 4.10 Tampilan trip fan A10 .

Dari pengujian diatas, diketahui PLC respon setelah nilai seting warning/ alarm overload di integer 406 (5.95A) tercapai di ikuti dengan perubahan kontak PLC Q2 dari NC ke NO, kemudian juga nilai seting trip overload di integer

474 (6.95A) setelah tercapai sistem/ kontak PLC Q1 berubah dari NC ke NO setelah 10 detik.

- **Pengujian UL trip dan UL warning A12.**

Set nilai *integer input analog IB* = IC = 350 (5.13A). *Start command*, kemudian tunggu selama 35 detik *running normal*. Turunkan nilai *integer input analog IB* dari 350 (5.13A) menuju ke 202 (2.96A), kemudian respon sistem adalah munculnya informasi *Fan A12 Alarm UL* pada *display* seperti Gambar 4.11 dan di ikuti dengan perubahan status kontak PLC Q2 dari NC ke NO. Kemudian dilanjutkan dengan pengecekan fungsi *trip UL* dengan cara menurunkan nilai *integer input analog IB* dari 202 (2.96A) menjadi 0, kemudian muncul informasi pada *display* PLC *Fan Master (A12) Alarm Underload*, setelah ditunggu selama 10 detik terjadi perubahan kontak PLC Q1 dari NC ke NO dan informasi pada *display* PLC berubah menjadi *Fan Master (A12) Trip UL* seperti pada Gambar 4.12.



Gambar. 4.11 Tampilan alarm fan A12 underload.

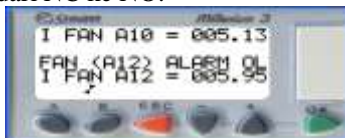


Gambar. 4.12 Tampilan trip fan A12 underload.

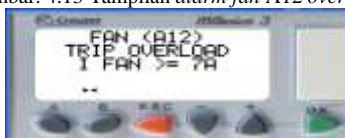
Dari pengujian diatas, diketahui PLC merespon setelah nilai seting *warning/ alarm underload* di *integer* 202 (2.96A) tercapai di ikuti dengan perubahan kontak PLC Q2 dari NC ke NO, kemudian juga nilai *seting trip* di *integer* 0 (0A) setelah tercapai sistem/ kontak PLC Q1 berubah dari NC ke NO setelah 10 detik.

- **Pengujian OL trip dan OL warning A12.**

Set nilai *integer input analog IB* = IC = 350 (5.13A). *Start command*, kemudian tunggu setelah 35 detik *running normal*. Naikkan nilai *integer input analog IB* dari 350 menuju ke 406 (5.95A), kemudian respon sistem adalah munculnya alarm *Fan A12 Alarm OL* pada *display* seperti Gambar 4.13 dan di ikuti dengan perubahan status kontak PLC Q2 dari NC ke NO.



Gambar. 4.13 Tampilan alarm fan A12 overload.



Gambar. 4.14 Tampilan trip fan A12 overload.

Kemudian dilanjutkan dengan pengecekan fungsi *trip OL* dengan cara menaikkan nilai *integer input analog IB* dari *integer* 406 (5.95A) menjadi *integer* 474 (6.95), kemudian muncul informasi pada *display* PLC *Fan Master (A12) Alarm OL*, setelah ditunggu selama 10 detik terjadi perubahan kontak PLC Q1 dari NC ke NO dan informasi pada *display* PLC berubah menjadi *Fan Master (A12) Trip OL* seperti Gambar 4.14.

Dari pengujian diatas, diketahui PLC merespon setelah nilai seting *warning/ alarm overload* di *integer* 406 (5.95A) tercapai di ikuti dengan perubahan kontak PLC Q2 dari NC ke NO, kemudian juga nilai *seting trip overload* di *integer* 474 (6.95A) setelah tercapai kontak PLC Q1 berubah dari NC ke NO setelah 10 detik.

- **Pengujian sistem monitoring display.**



Gambar. 4.15 Pengujian sistem monitoring arus fan pendingin VSD.

Dari Gambar 4.15 diketahui persen kesalahan dari hasil pengukuran arus antara sistem *monitoring fan* pendingin dengan *digital clamp meter* (DCM2000AD), sebesar 0.2 %. Hasil tersebut dipengaruhi perubahan arus pada *fan* dan tanggapan sensitivitas dari alat ukur.

4.2 Analisis

Dari data hasil pengujian dan percobaan dapat dilakukan analisis berkaitan dengan kelebihan dari terpasangnya sistem pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD, berikut adalah kelebihan-kelebihan tersebut :

Tabel 4.4 Analisis hasil sebelum dan setelah terpasang sistem pengaman dan *monitoring fan* VSD.

No	Uraian	Setelah di pasang	Sebelum di pasang
1	Biaya pemeliharaan	Lebih efisien, kerusakan tidak melebar.	Tidak efisien, kerusakan melebar.
2	Downtime produksi	Rendah	Tinggi
3	Waktu penyelesaian troubleshooting	CEPAT Perbaikan langsung ke fokus akar permasalahan Estimasi waktu : 30 menit	LAMA Perbaikan masih perkiraan sehingga perlu banyak pengecekan, tidak langsung ke akar permasalahan Estimasi waktu: 16 Jam
4	Dampak terhadap suhu operasional <i>Card</i> elektronik pada inverter.	Terjaga (<40°C)	Kurang terjaga.
5	Dampak terhadap waktu guna/ <i>life time</i> peralatan	Tinggi, karena temperatur terjaga.	Rendah, karena temperatur tidak terjaga.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilanjutkan dengan pengujian dan analisisnya, maka dapat diambil kesimpulan tentang sistem pengaman dan *monitoring fan* pendingin VSD yaitu sebagai berikut :

1. Sistem pengaman kegagalan *fan* pendingin VSD berhasil bekerja dengan mengukur arus dari *fan* pendingin VSD kemudian membandingkan data arus tersebut dengan data batas arus *alarm overload* (int = 406, I = 5,95A), *trip overload* (int = 474, I = 6,95A), *alarm underload* (int = 202, I = 2,96A), dan *trip underload* (int = 66, I = 0,97A). Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan *dry-contact* dari *digital output* untuk memberikan informasi ke CCR dan juga dapat menghentikan sistem VSD.
2. Dengan penambahan sistem pengaman dan *monitoring fan* dapat membantu pemeliharaan VSD, karena PLC mampu menampilkan data arus *fan* secara *real-time* sehingga operator/tim pemeliharaan dapat mengetahui kondisi *bearing fan*, status *fan*, dan kondisi filter penyaring udara pada kompartemen VSD dengan melakukan inspeksi berkelanjutan terhadap perubahan arus pada *fan* pendingin VSD.
3. Dari hasil pengujian dan percobaan diketahui sistem ini mampu merespon kondisi *fan* pendingin sesuai dengan batasan arus yang di *setting*, sehingga kerusakan akibat tidak bekerjanya *fan* pendingin VSD dapat teratasi. Persen kesalahan dari hasil pengukuran dan percobaan pada sistem ini antara 0-3,2% masih sesuai dengan standar IEC 13b-23, dimana nilai kesalahan yang di ijinakan diantara 0-5%.

5.2 Saran

Untuk lebih memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan :

1. Koneksi antar komponen perlu dilakukan pengecekan untuk menjaga akurasi dan kehandalan alat tersebut.
2. Perlu adanya penambahan pilihan menu jumlah *fan* yang akan diamankan dan dimonitor untuk memaksimalkan fasilitas *input analog* yang tersedia agar lebih maksimal.
3. Kalibrasi perlu dilakukan untuk menjaga kepresisian dalam pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Afri, Khairul. 2015. Perancangan Sistem Pengaman Pompa Air di Dalam Sumur Berbasis *Programmable Logic Control* (PLC). Semarang.
- Bentley, John. P. 2005. *Principles of Measurement*

- Systems-4th edition*. Pearson Prentice Hall.
- Bolton, William. 1996. *Programmable Logic Controllers-4th Edition, Chapter 11*. Elsevier.
- Dony Setiyawan. 2013. Sistem Pengaman Motor Terhadap Suhu Tinggi Motor Berbasis *Programmable Logic Control* (PLC). Surakarta.
- Eaton, E-tec. 2015. Application of Liquid Cooled VFDs. Vancouver.
- Millenium 3, Crouzet. 2011. *Millenium 3 Tutorial*. USA : Crouzet Automation.
- STWA1AH, ZIEHL. 2009. *Electronic Current Transformer STWA1AH Datasheet*. Germany : Ziehl Automation.
- TV500, Martens. 2006. *Isolating Signal Converter TVST500 Manual User*. Germany : Martens Elektronik.
- Tejo Sukmadi. 2014. Perancangan Sistem Proteksi Arus dan Temperatur Lebih Pada Mesin Pengekstrasi Biji Kapuk Berbasis *Programmable Logic Control* (PLC). Semarang.